

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl<sup>7</sup>

H01Q 21/06

//H01Q21/00 H01Q3/26

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00812635.6

[43] 公开日 2002 年 10 月 9 日

[11] 公开号 CN 1373918A

[22] 申请日 2000.9.6 [21] 申请号 00812635.6

[30] 优先权

[32] 1999.9.10 [33] SE [31] 9903239-3

[86] 国际申请 PCT/SE00/01707 2000.9.6

[87] 国际公布 WO01/18912 英 2001.3.15

[85] 进入国家阶段日期 2002.3.8

[71] 申请人 艾利森电话股份有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

[72] 发明人 A·德尼赖德

B·G·约翰尼松

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

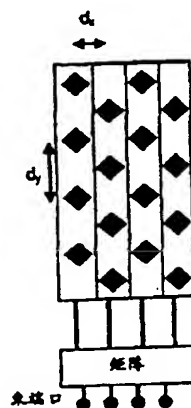
代理人 李亚非

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图页数 5 页

[54] 发明名称 稀疏阵列天线

[57] 摘要

一种用于通信系统基站的天线阵列,公开了一种一维扫描阵列或多波束阵列中的稀疏元件网格。元件的间距主要由沿  $x$  方向的扫描控制。在三角形元件网格中,沿  $y$  轴的每个元件的间距增加到大约一倍波长( $d_y = \lambda$ )的量级而不在得到的主波瓣的可见空间中产生栅格瓣,并沿  $x$  轴的间距保持大约半波长( $d_x = 0.48\lambda$ )。与半波长间距排列的辐射元件的正方形网格相比,可以相应地大大减少辐射元件。通过考虑和限制水平扫描,例如用于通信系统的基站,各垂直间距可进一步增加( $d_y \approx 1.25\lambda - 2\lambda$ ),以获得对于一维扫描波束或多波束图形的最佳稀疏天线元件网格。此外,当根据本发明的稀疏阵列天线用于基站业务时,本发明可以利用扫描波束的电子下倾来减小与通信网络中的邻近蜂窝的干扰。



知识产权出版社出版

ISSN 1008-4274

## 权利要求书

1. 一种用于通信系统的无线基站的阵列天线, 具有优化的辐射元件数量, 部分填充天线的预定口径以水平扩展覆盖的区域, 其特征在于  
5 该区域至少由一个窄波束覆盖,  
阵列的辐射体元件排列在三角形网格上, 其在水平方向的间距主要由主波束在水平方向的最大扫描角控制, 以便覆盖区域,  
在低栅格瓣相互作用的情况下, 为保持希望的口径, 每个元件在垂直方向的间距至少是波长的0.7倍, 从而减少辐射体元件的数量。
- 10 2. 根据权利要求1的阵列天线, 特征在于区域由至少一个窄波束扫描覆盖。
3. 根据权利要求1的阵列天线, 特征在于区域由至少两个不同固定扫描角的窄波束覆盖。
4. 根据权利要求1到3的任一个的阵列天线, 特征在于区域的宽度大于 $90^\circ$ , 并且产生的波束低于水平面的下倾小于波束的宽度。
- 15 5. 根据权利要求4的阵列天线, 特征在于每个元件在垂直方向的间距增加到至少波长的大约0.85倍, 并且低于水平面的倾斜限制在小于波束的宽度的一半。
6. 根据权利要求5的阵列天线, 特征在于每个元件在垂直方向的间距进一步增加到至少一倍波长, 而不引入天线波束图形的倾斜。
7. 根据前述任一个权利要求的阵列天线, 特征在于在波束空间中选择每个元  
20 件在垂直方向的间距以便栅格瓣至少部分进入可见空间, 从而也适应区域的中央区的外侧的天线增益, 以减小范围的要求。
8. 根据权利要求5的阵列天线, 特征在于区域的中央区的宽度为区域宽度的40到70%。
9. 一种用于通信系统中的无线基站的最佳阵列天线, 用来水平扩展区域的覆  
25 盖, 特征在于  
覆盖的区域大约 $120^\circ$ ,  
阵列中的元件按三角形网格排列, 每个元件的间距( $d_x$ )在水平方向大约 $0.48\lambda$ , 在垂直方向( $d_y$ )大约 $0.9\lambda$ , 其中 $\lambda$ 对应于所用频带的频率上限的波长, 并且所产生的波束电下倾低于水平线半个波束宽度。
- 30 10. 一种用于通信系统中的无线基站的最佳阵列天线, 用来水平扩展区域的

覆盖, 特征在于

覆盖的区域大约60度,

阵列中的元件按三角形网格排列, 每个元件的间距在水平方向( $d_x$ )大约 $0.48\lambda$ , 在垂直方向( $d_y$ )大约 $1.25\lambda$ , 其中 $\lambda$ 对应于所用频带的频率上限的波长。

## 稀疏阵列天线

## 技术领域

- 5 本发明涉及区域覆盖通信系统中用于无线基站的具有最佳稀疏设计的天线阵列。

## 背景技术

- 对于区域覆盖通信网络的容量日益增长的需求可以通过引入阵列天线来解决。这些天线由辐射元件排列组成，可以在方位面内产生一个或多个窄波束。窄波束指向或选择朝向客户的要求，从而减少对网络的干扰并由此增加容量。

10 通过将Butler阵列连接到天线列可在方位面内同时产生许多固定扫描的波束。随着干扰瓣（也称作栅格瓣）的产生，由于必须考虑反复的结构性的增加相位，天线瓣的间距由最大扫描角决定。

- 设计天线的问题是阵列天线中的辐射元件的间距不得不小于一倍波长，以防止产生栅格（第二）瓣。在扫描波束的情况下，间距还要进一步减小。在极端情况下，当主波束扫描的角度非常大时（在移动通信基站的自适应天线的情况下），元件的间距需要减小到半波长或更小，以避免在可见的空间中产生栅格瓣。

- 辐射元件的网格通常是矩形（图1）或三角形（图4）的。众所周知，假设在相同的最大扫描角且不产生栅格瓣的情况下，与正方形网格相比，等边三角形元件网格可使天线元件的数量减少13%。然而，这种元件网格对于一维多波束扫描阵列的情况并不是最佳的。例如，这可以在IEEE Trans. Antennas & Propagation, vol. AP-9, pp. 126-129, March 1961中E.D.Sharp的“一种可减少所需数量的平面阵列元件的三角形排列”（“A triangular arrangement of planar-array elements that reduces the number needed”）中找到。

- 25 如图1所述，在阵列天线中的辐射元件经常放置在等边矩形网格上。元件的间距在x轴方向表示为 $d_x$ ，在y轴方向表示为 $d_y$ 。通过由元件空间变换到波束空间，可以找到波束的方向。图1所示的天线的波束对应空间可以在图2中找到。

- 在这种情况下，主波束的指向方向沿天线的法线。在可见空间外（即单位圆外）的波束组成了栅格瓣，只要波束不扫描并且元件的间距沿两个轴的方向都小于一倍波长（ $\lambda/d_x > 1$ 且 $\lambda/d_y > 1$ ），则它们不会出现在可见空间中。对于大的阵列

，在矩形排列的网格中的辐射元件的数量由 $N_R=A/(d_x d_y)$ 近似地给定，其中A是天线口径的面积。

当主波束沿x轴扫描时，在波束空间中的所有波束在正方向移动的量等于扫描角的正弦表达式的函数。对于在x方向的一维扫描的每个水平行，第二最大或栅格瓣表示如下：

$$x_m = \sin(\theta_s) + m \cdot \frac{\lambda}{d_x}, \quad m=\pm 1, \pm 2, \dots$$

其中 $x_m$ 是波瓣m的位置， $\theta_s$ 是相对于阵列的法线的扫描角， $d_x$ 是在水平面内元件之间的距离。当波瓣之间的距离为 $\lambda/d_x$ 时，可知在可见区内不产生栅格瓣的扫描角的最大元件距离为：

$$\frac{d}{\lambda} < \frac{1}{1 + \sin(\theta_{\max})}$$

在图3所示的情况下，除了主波束之外第二波束(栅格瓣)进入了可见空间。通过减小沿x轴的元件间距可以避免这种情况。当元件间距小于半波长时(即 $\lambda/d_x > 2$ )，因为 $|\sin(\theta)| \leq 1$ ，所以与扫描角无关，没有栅格瓣进入可见空间。

图4示出辐射元件放置在等边三角形网格上。垂直元件间距定义为 $d_y$ 。对应的波束空间如图5所示。沿y轴的元件间距必须不大于 $1/\sqrt{3}$ 波长(即 $d_y$ 的最大值约为0.58波长，沿x轴 $2d_x$ 为一倍波长[等于 $d_y\sqrt{3}=0.58\lambda\cdot\sqrt{3}=\lambda$ ]，以避免在任意扫描角下产生栅格瓣。因此，当辐射元件在等边三角形网格上时的最佳元件间距 $d_y$ 为 $1/\sqrt{3}$ 波长。对于大的阵列，在等边三角形排列的网格中的辐射元件的数量由 $N_T=A/(2d_x d_y)$ 近似地给定(仍参看上述E. D. Sharp)。假定在相同的栅格瓣而不考虑扫描强度的情况下，与正方形网格相比，采用等边三角形网格可减少 $(N_R - N_T)/N_R = 13.4\%$ 。  
( $N_T=4A/\lambda^2$ ,  $N_R=2A\sqrt{3}/\lambda^2$ 。)

然而，仍存在对在阵列天线中的辐射网格进行优化的需求，以得到用于通信基站天线的稀疏阵列天线，而不在可见空间中产生栅格瓣。

#### 发明内容

本发明公开了用于通信系统基站的天线阵列，介绍了用于一维扫描的波束或多波束图形的稀疏元件网格，辐射元件部分填充了天线的预定口径以覆盖水平扩展的区域。元件间距主要由在x轴的扫描控制。在三角形元件网格中，沿y轴的每个元件的间距增加到一倍波长的数量级( $d_y \approx \lambda$ )，而仍在栅格瓣的低相互作用的情况下保持所希望的口径，并保持沿x轴的间距为半波长( $d_x \approx \lambda/2$ )。与半波长间

距的正方形网格的辐射元件相比，相当于辐射元件减少了50%。通过考虑和限制水平扫描，垂直间距可以进一步增加，以在例如用于通信系统基站的产生一维扫描阵列或多波束阵列中获得最佳的稀疏天线元件网格。

此外，当根据本发明的稀疏阵列天线用于基站业务时，本发明可以利用扫描波束的电子下倾（down-tilting）来减小与通信网络中的邻近蜂窝的干扰。

通过附带的独立权利要求1、9和10以及从属权利要求2到8定义的根据权利要求1的更多的实施例说明了根据本发明的一维扫描或多波束天线器件。

#### 附图说明

通过参考下面结合附图的说明，可以更好地理解本发明及其其它目的和优点，其中：

图1示出了辐射元件放置在矩形网格上的天线；

图2示出了图1所示的阵列的波束空间；

图3示出了当主波束沿x轴扫描时图1所示天线的波束空间；

图4示出了辐射元件放置在等边三角形网格上的天线；

图5示出了在可见空间中没有栅格瓣的三角形网格的波束空间；

图6示出了根据本发明的阵列的波束空间的例子；

图7示出了根据本发明沿x轴具有四个固定扫描波束的阵列天线的波束空间的例子；

图8示出了根据本发明沿y轴有限扫描的阵列天线的波束空间的例子；以及

图9示出了根据本发明的稀疏多波束阵列天线器件的实施例。

#### 具体实施例

本发明公开了一种对仅在一维扫描的例如如示例中的沿x轴的波束阵列天线器件中的辐射元件网络的优化。在这种情况下，元件的间距仅由在x方向的最大扫描角控制。在三角形元件网格中，如图6所示，每个元件沿y轴的间距值可由最少0.7倍波长增加到一倍波长（ $d_y = \lambda$ ），同时沿x轴的间距（ $d_x$ ）保持半波长，而不在可视空间产生栅格瓣。这种网格与按正方形并具有半波长元件间距排列的网格相比，可相应地减少辐射元件数量30-50%。本设计可简化阵列天线并降低成本。

如图6所示，当采用三角形网格而不是矩形网格时，只在波束方向的最外侧栅格瓣接近可视空间。在后一种情况下，中央波束受水平栅格瓣的影响最大（与图3比较）。

本发明的优点在于以系统的观点看,可降低对系统中最外侧波束位置的要求。例如,主波束的增益随着栅格瓣进入可视空间而降低。在一些系统中,这种增益的降低对于最外侧波束的位置是一种优点,由于在通常情况下,为了减小对通信网络中的邻近蜂窝的不必要的干扰,应减弱最外侧的波束,所以对波瓣进行电衰减。此外,栅格瓣的指向对系统的干扰较低。

由图6可见,在垂直间距为 $d_y=\lambda$ ,水平间距为 $2d_x=\lambda$ 时,主瓣 $a_0$ 可扫描超过 $90^\circ$ 而栅格瓣 $a_2$ - $a_4$ 未进入可见空间。在波束空间中,应记住:由于垂直栅格瓣的距离为 $\lambda/(d_y)$ ,例如,距离 $d_y$ 的增加栅格瓣之间的垂直距离将减小。因此,如果垂直元件的距离 $d_y$ 增加,在图中的上两个栅格瓣 $a_1$ 和 $a_2$ 将下移,同时栅格瓣 $a_4$ 和 $a_5$ 将上移。换句话说,如果 $d_y$ 变大超过 $\lambda$ ,表达式 $\lambda/d_y$ 的值将小于1,其中1对应于可见空间的圆的半径。因此,如果主瓣扫描超过 $90^\circ$ ,栅格瓣 $a_2$ 和 $a_4$ 将进入可见空间。通过向下倾斜主瓣,栅格瓣 $a_4$ 可在可见空间之外。如果扫描角减小到例如 $60^\circ$ 左右,对于垂直距离 $d_y>\lambda$ 栅格瓣 $a_2$ 在可见空间之外。

在设计步骤中包括y方向元件间距还可以调整最外侧波束的增益。同时,整个覆盖面积取决于中央波束的增益。

下面将说明多波束阵列天线的设计应用,其中波束群沿x轴产生。如图7所示,连接到Butler矩阵的阵列天线产生的四个固定波束 $a_0$ - $d_0$ 在波束空间中等间距。元件的间距在x轴方向为半波长,在y轴方向为一倍波长,即 $2d_x=\lambda$ 和 $d_y=\lambda$ 。此外,如上述所讨论的,在沿x轴的最大扫描角 $\theta_m$ 小于 $90^\circ$ 的情况下,沿y轴的元件间距可以进一步增加而不会在可见空间产生栅格瓣。其值在数学上依据最大扫描角的正弦,  $\theta_{\max}$ 已在上述的背景技术中进行了说明。在图8所示的例子中,沿y轴的最佳元件间距由下式决定:

$$d_y/\lambda = 1/\sqrt{(2\sin(\theta_{\max}) - \sin^2(\theta_{\max}))}。$$

如图5所指出的,中央波束也可以在垂直方向中扫描。因此,整个图形可被电向下倾斜。然而,辐射元件的间距随之应稍微沿x轴或y轴减小,以避免在可见空间中太多的栅格瓣的影响。在图7中,四个栅格瓣( $a_2$ 、 $a_4$ 、 $d_1$ 、 $d_5$ )位于接触到单位圆的直线上,但栅格瓣分别远离其扫描中央波束 $a_0$ 、 $b_0$ 、 $c_0$ 和 $d_0$ ,由于这些波瓣将指向非常高( $a_2$ 、 $d_1$ )和非常低( $a_4$ 、 $d_5$ )的角度,所以其对这种天线的运行和天线的辐射图形的影响非常小。预期的波瓣 $a_0$ 、 $d_0$ 的增益的减小可用来使波束适

应对范围的要求。然而，仍应记住，由于波束未限定方向但却在波束空间中具有一定的扩展，理论上可得到的垂直距离仍需稍微减小。如图8所示，如果垂直距离 $d_y$ 增加，图7中的栅格瓣 $a_2$ 、 $d_1$ 和 $a_4$ 、 $d_5$ 将分别进入可见空间。如果随后引入下倾图形， $a_2$ 、 $d_1$ 将进一步进入可见空间，而 $a_4$ 、 $d_5$ 仍可能位于可见空间的边界。

- 5 图9示出了根据本发明公开的改进的稀疏阵列天线的实施例。图9的天线示出了 $4 \times 4$ 元件的三角形阵列，按常规的方法由4口Butler矩阵馈电。该阵列展示了典型的 $0.48\lambda$ 的水平元件间隔 $dx$ ，但在垂直列的天线元件之间的间隔将根据例如所希望的最大扫描角变化。在第一实施例中，为了覆盖大约120度，每个辐射体元件的垂直间隔 $d_y$ 大约为 $0.9\lambda$ 。数量 $\lambda$ 对应于所用频段的频率上限的波长，并且在本实施例中
- 10 中所产生的波束图形电下倾低于水平线半个波束宽度。在本稀疏天线阵列的第二实施例中，为了覆盖60度，辐射体元件的垂直间隔 $d_y$ 大约为 $1.25\lambda$ ，但未采用波束图形的倾斜。

本领域的技术人员应该理解，可以对本发明进行各种修改和变化而不脱离由附带的权利要求书所限定的范围。



说明书附图

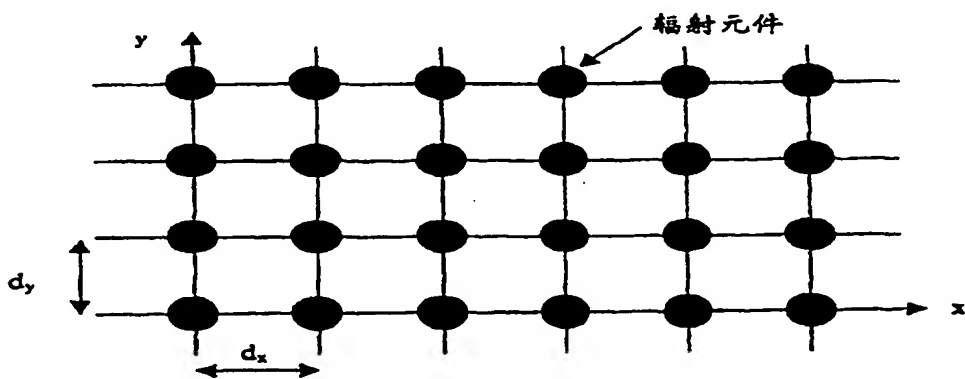


图 1

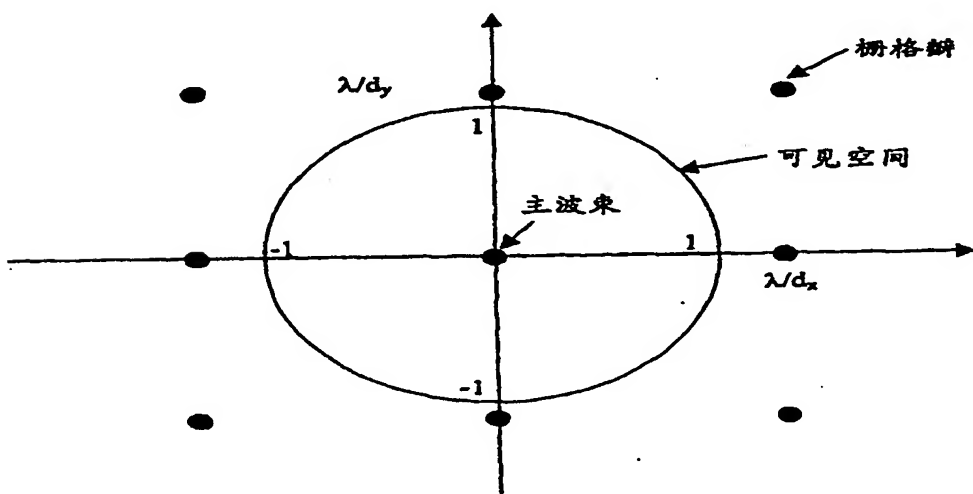


图 2

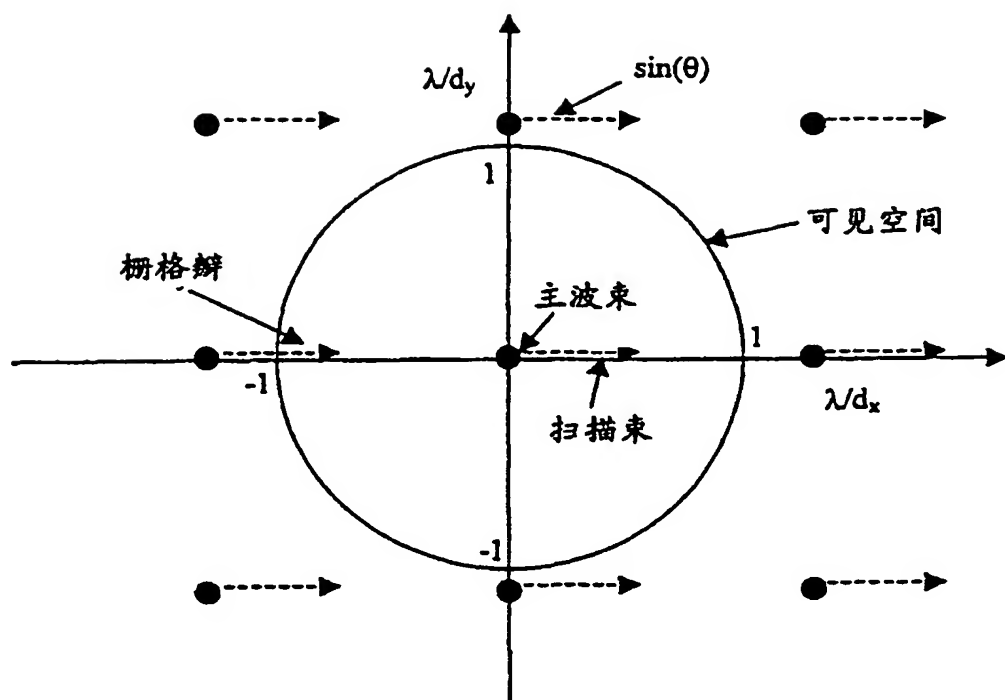


图 3

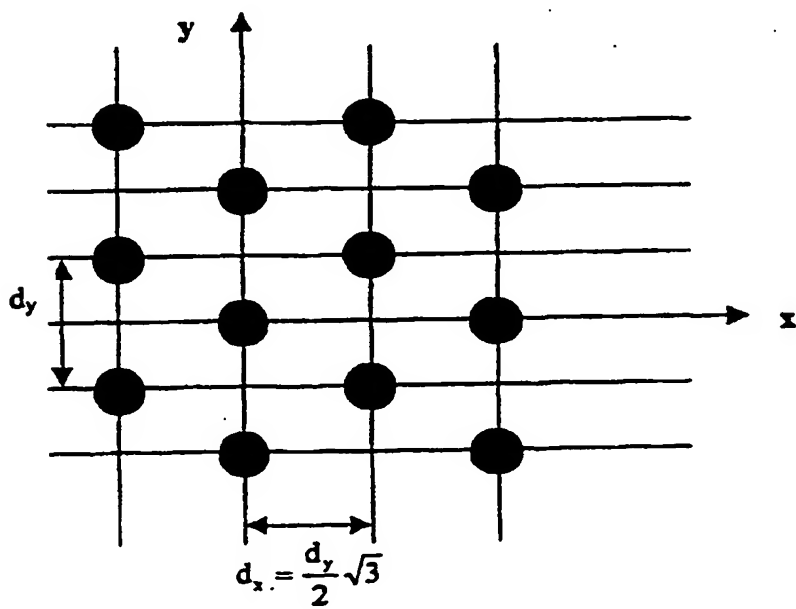


图 4

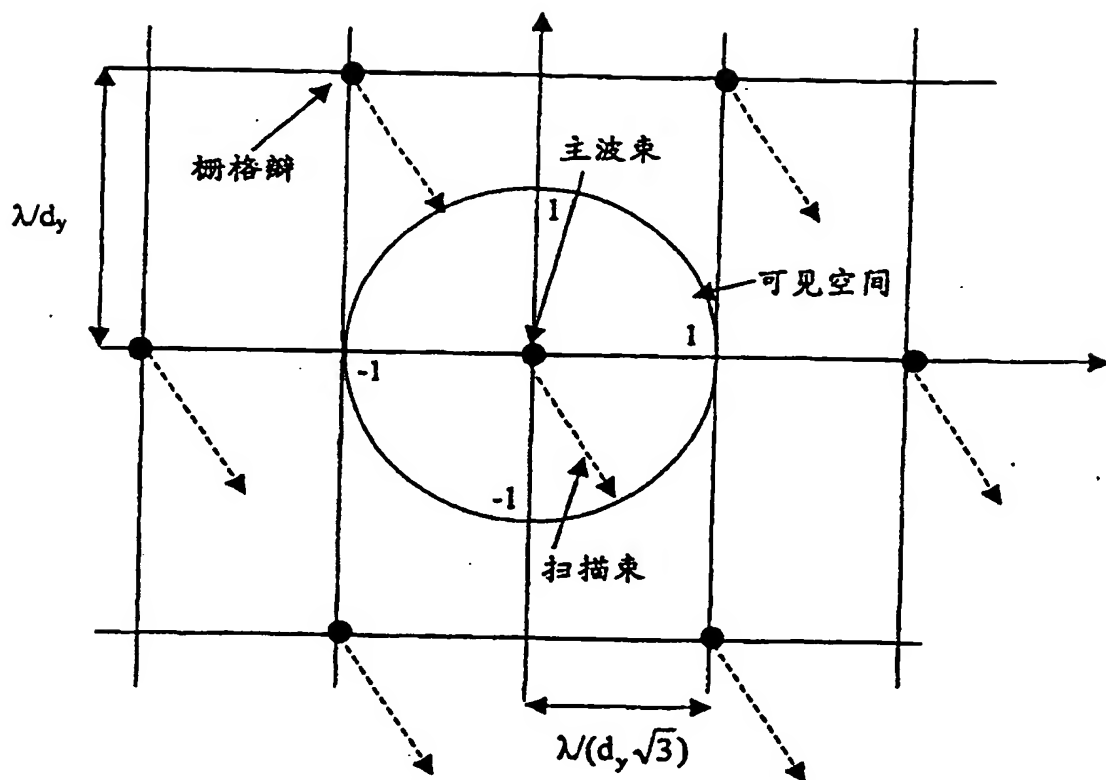


图 5

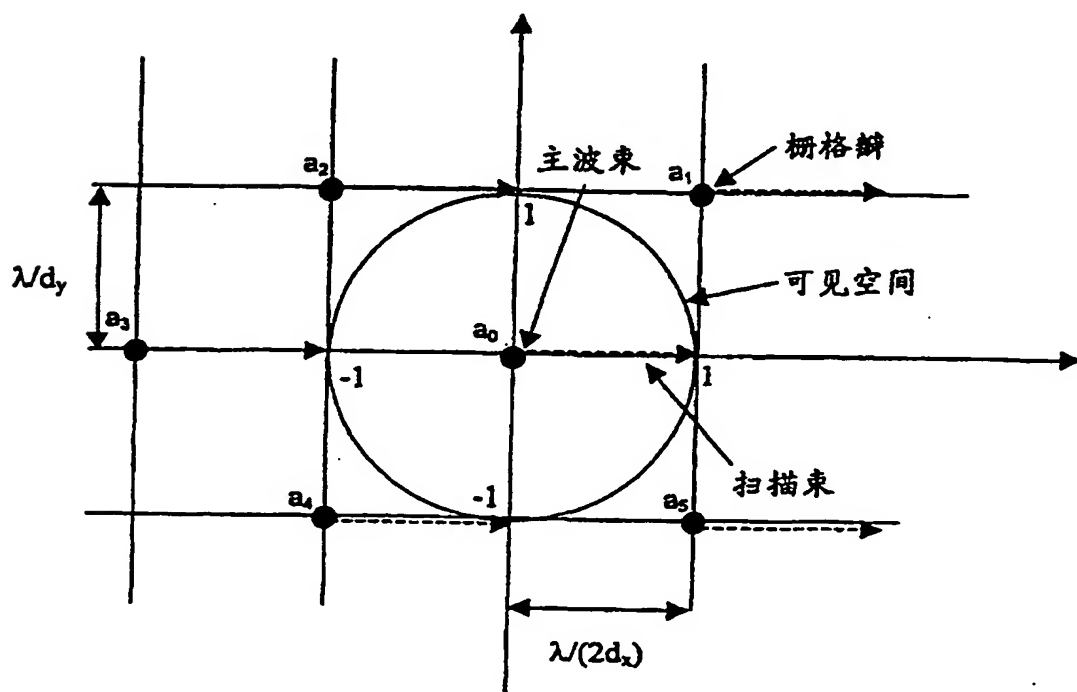


图 6

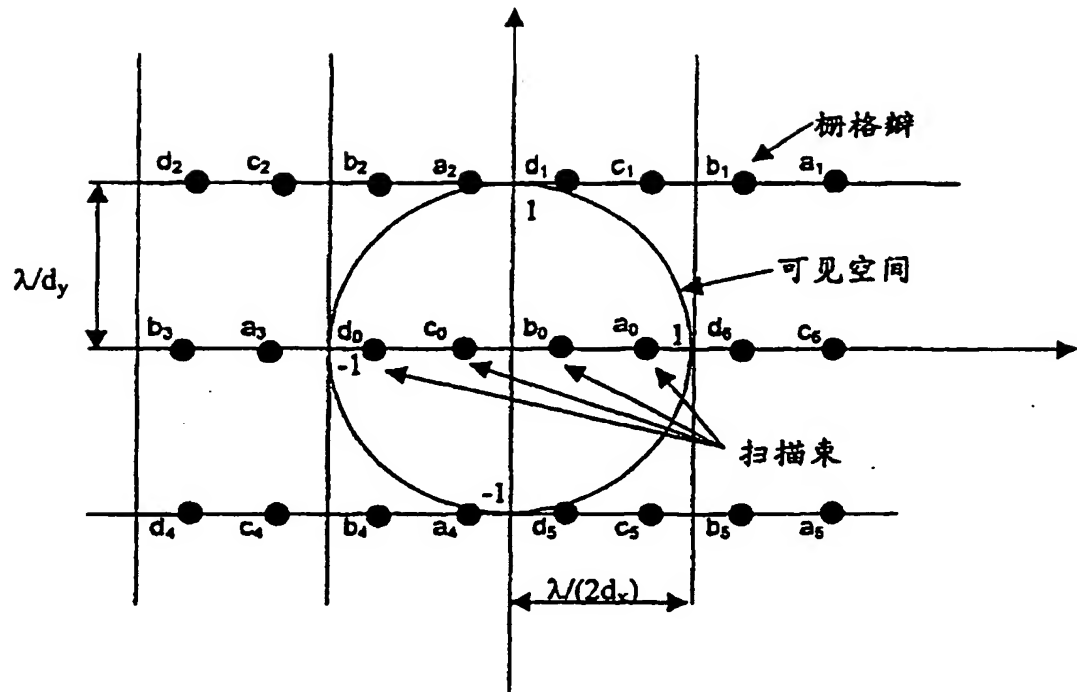


图 7

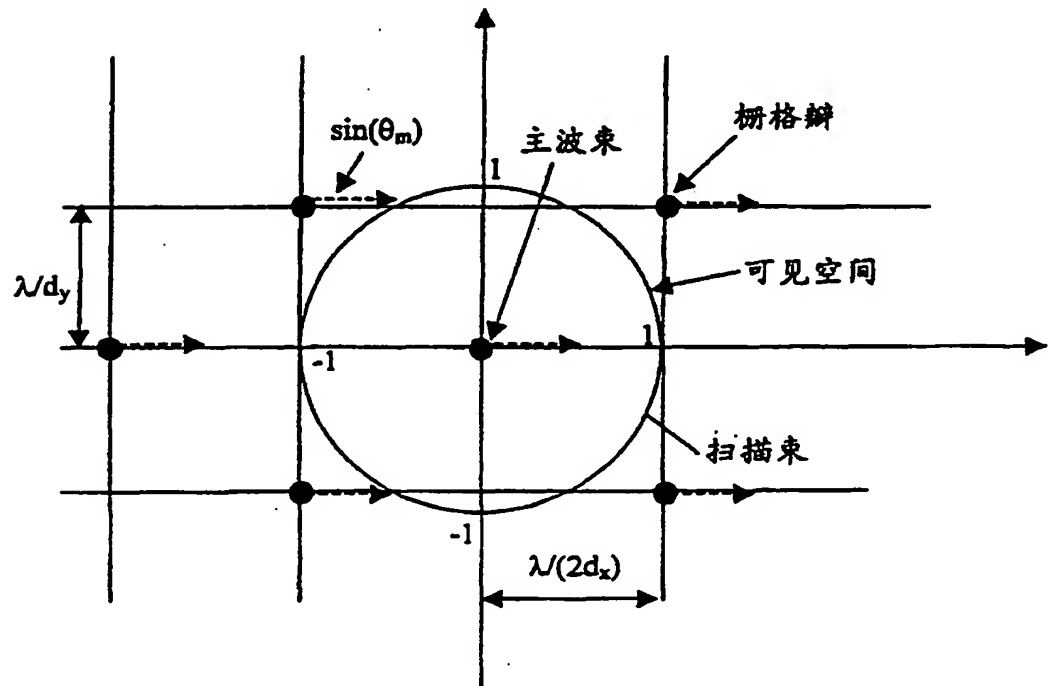


图 8

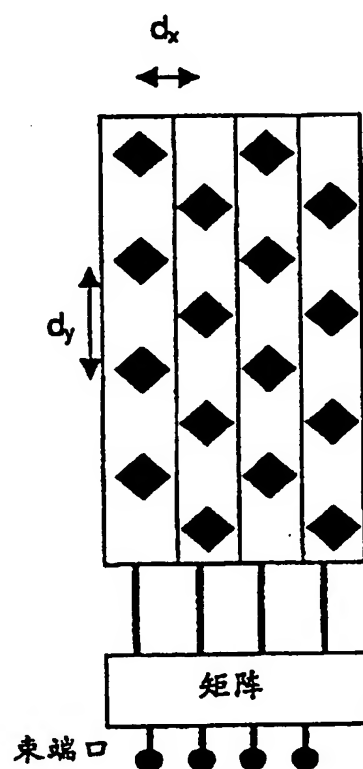


图 9